

PCSI Physique - Programme de colle 25

Semaine du 28 avril au 2 mai 2025.

Chapitre T_2 - Statique des fluides

- Fluides au repos, notion de particule fluide.
- Densités surfaciques et volumiques de force, résultantes des forces surfaciques et volumiques en termes d'intégrales (doubles ou triples).
- Outil mathématique : calcul d'intégrales surfaciques ou volumiques. Éléments de surface et de volume en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. Application au calcul de surfaces, volumes et moments d'inertie.
- Gradient d'une fonction de trois variables. (Seule l'expression en cartésiennes doit être connue).
- Equivalent volumique des forces de pression : bilan sur une particule fluide, dans le cas où $P = P(z)$ puis dans le cas $P = P(x, y, z)$. Démonstration de l'équation fondamentale de la statique des fluides.
- Simplification de l'équation de la statique des fluides dans le cas où seul le poids et les forces de pression jouent un rôle.
- Hydrostatique : principe de Pascal.
- Modèle de l'atmosphère isotherme. Hauteur barométrique. Comparaison avec la réalité, limites du modèle.
- Facteur de Boltzmann.
- Résultante de pression : calcul par intégration. Simplification pour le solide immergé : poussée d'Archimède.

Questions de cours potentielles :

- Calculer la surface extérieure et le volume d'un cylindre par intégration.
- Calculer la surface d'une sphère de rayon R et le volume de la boule associée, par intégration. Puis calculer la masse d'une boule inhomogène de masse volumique ρ_i si $r < r_0$ et ρ_e si $r_0 \leq r \leq R$ (avec $r_0 < R$).
- Démontrer que la résultante des forces de pression s'exerçant sur une particule fluide est $\vec{F}_p = -dP/dz \vec{e}_z$ dans le cas où P ne dépend que de z , et en déduire l'équation fondamentale de la statique des fluides. Sans calcul supplémentaire, généraliser au cas à trois dimensions (avec le gradient). (dev 3)
- Expliquer le principe du vérin hydraulique, et faire le calcul de la force nécessaire pour maintenir $M = 1000$ kg si le rapport des deux surfaces du vérin est $S_2/S_1 = 100$. (app 7)
- Calculer la pression $P(z)$ à partir de l'équation fondamentale de l'hydrostatique, dans le modèle de l'atmosphère isotherme. Préciser l'expression et donner un ordre de grandeur de la valeur de la hauteur caractéristique H (dev 6).
- Démontrer la condition que doit satisfaire la masse volumique d'un solide pour qu'il flotte à la surface d'un fluide.

Chapitre T_3 : Premier principe de la thermodynamique

- Vocabulaire des transformations thermodynamiques. Thermostats et barostats.
- Transformations quasi-statiques : exemple du piston comprimé petit à petit.
- Réversibilité et irréversibilité (sans aucune référence à l'entropie).
- Énergie totale, énergie interne, travail et transfert thermique (chaleur).
- Premier principe de la thermodynamique. *La formulation différentielle n'est pas au sens strict du terme au programme, mais elle a été vue par les étudiants.*

- Fonctions d'état *versus* quantités échangées : importance de la distinction. Notations $d - \delta - \Delta$. Chemins thermodynamiques.
- Travaux des forces de pression : calcul dans le cas des transformations isochore, monobare, quasi-statique. Cas de la compression quasi-statique et isotherme d'un gaz parfait.
- Diagrammes de Watt et de Clapeyron. Lecture du travail comme l'aire sous la courbe, et donc l'aire enfermée dans le cycle pour une transformation cyclique.
- Autres travaux : travail électrique, travail d'une force.
- Transferts thermiques : modes de transfert thermique, difficulté du calcul de Q . Transformations adiabatiques : différence avec les transformations isothermes. Calcul de Q à partir du premier principe de la thermodynamique pour un cycle.
- Détente de Joule et Gay-Lussac du gaz parfait.
- Enthalpie : définition, intérêt, interprétation physique. Capacité thermique isobare.
- Relation de Mayer et coefficient adiabatique γ . Enthalpie et capacité thermique isobare du gaz parfait.
- Egalité de C_V et C_P pour une phase condensée incompressible et indilatable.
- Calorimétrie.

Questions de cours potentielles :

- Donner trois définitions du chapitre : transformations isotherme, monotherme, isobare, ...au choix du colleur !
- Enoncer *rigoureusement* le premier principe de la thermodynamique.
- Montrer, en raisonnant sur un piston, que le travail des forces de pression s'écrit $\delta W = -P_{\text{ext}} dV$, et donner son expression pour une transformation isochore et une transformation monobare. (dev 1 et 2)
- Calculer le travail des forces de pression pour une compression isotherme et quasi-statique d'un gaz parfait (dev 3)
- Définir les trois modes de transfert thermique, et exprimer Q dans le cas d'une transformation adiabatique et d'une transformation cyclique. (dev 4)
- Montrer que la détente de Joule et Gay-Lussac est isotherme si le gaz est parfait. (dev 5)
- Calculer l'enthalpie $H(T)$ pour un gaz parfait monoatomique ou diatomique (dev 7 et 9), et démontrer que $C_P - C_V = nR$. Puis exprimer $C_{P,m}$ et $C_{V,m}$ en fonction de R et $\gamma = C_P/C_V$.

Exercices

Exercices sur les chapitres T_2 et T_3 .